

DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO	102023000006870
Data Deposito	07/04/2023
Data Pubblicazione	07/10/2024

Classifiche IPC

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
B	22	F	1	107

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
B	22	F	1	145

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
B	22	F	10	10

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
B	22	F	10	12

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
B	22	F	10	40

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
B	22	F	10	43

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
B	22	F	10	47

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
B	29	C	64	40

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
B	33	Y	70	10

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
C	09	D	11	30

Titolo

"Struttura di supporto per Material Jetting"
--

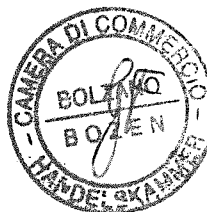
Struttura di supporto per Material Jetting

L'invenzione riguarda un corpo verde fabbricato in strati con la procedura di stampa 3D „material jetting“ e collegato con una struttura di appoggio attraverso uno strato di separazione, nonché una procedura per la sua fabbricazione, un pezzo sinterizzato e una procedura per la sua fabbricazione, e l'uso di una composizione contenente particelle per la fabbricazione di uno strato di separazione tra un corpo verde e una struttura di appoggio.

Per poter produrre componenti ceramici mediante material jetting è necessario usare un materiale di appoggio. Solo in questo modo si possono fabbricare componenti in filigrana con sporgenze e sottosquadri. Se un tale materiale di appoggio può supportare l'elemento costruttivo nel processo di fabbricazione e allo stesso modo nel processo di sinterizzazione, si potrebbe ridurre notevolmente il dispendio per la fabbricazione di elementi costruttivi in ceramica privi di difetti.

La nomenclatura nella presente domanda fa riferimento alla DIN EN ISO/ASTM 52900:2022-03.

Nel material jetting, il materiale costruttivo viene applicato mediante una testina di stampa a getto d'inchiostro. La testina di stampa può attraversare la piattaforma costruttiva corsia per corsia, stampando gli strati dell'elemento costruttivo secondo i dati CAD sezionati. Per ottenere una solidificazione delle gocce il materiale stampato viene ad esempio essiccato mediante raggi IR, oppure i componenti fotosensibili dell'inchiostro vengono induriti mediante una fonte di luce. Per poter costruire delle sporgenze in elementi costruttivi si deve costruire una struttura di appoggio sottostante. Nelle stampanti 3D che si trovano in commercio e che funzionano secondo il principio del material jetting, si utilizzano già strutture di appoggio di questo tipo. Tuttavia, poiché con tali stampanti finora si producono pezzi in materiale sintetico, per le strutture di appoggio si impiegano ad esempio resine idrosolubili (oppure cere a basso punto di fusione).



7

Anche nel “binder jetting” si utilizzano già delle strutture di appoggio. Lo svantaggio della procedura di binder jetting è che in questo modo si possono stampare tipicamente solo strati con uno spessore relativamente alto di più di 100µm, ottenendo solo corpi verdi con porosità elevate di tipicamente più del 40% che poi, durante la sinterizzazione, possono restringersi molto fortemente o che, dopo la sinterizzazione, diventano friabili.

WO2014152798A1 descrive una struttura di appoggio in ceramica.

WO2018102731A1 descrive componenti fabbricati in una procedura additiva con accelerazione del deceraggio.

US10800108B2 descrive un materiale di separazione sinterizzabile.

- 10 US2017297100A1 descrive la produzione di uno strato di separazione in una procedura di binder jetting.

Anche US2017297097A1 descrive la produzione di uno strato di separazione in una procedura di binder jetting.

US2016229128A1 descrive un inchiostro per la stampa 3D.

- 15 EP3612330A2 descrive una procedura per la fabbricazione di articoli di stampa.

WO2010061394A1 descrive una procedura per l'applicazione di materiale su un substrato.

WO2018193306A2 descrive una procedura per la fabbricazione di articoli stampati.

WO2017180314A1 descrive una fabbricazione additiva con strutture di appoggio in una procedura binder jetting.

- 20 L'obiettivo della presente invenzione è perciò di superare gli svantaggi secondo lo stato dell'arte e di approntare una tecnologia con la quale si possano fabbricare elementi costruttivi con sporgenze e sottosquadri mediante material jetting, usando strutture di appoggio durante la costruzione e al tempo stesso anche durante la sinterizzazione.



In una prima forma di realizzazione l'obiettivo alla base dell'invenzione viene raggiunto con un corpo verde, fabbricato in strati mediante la procedura di stampa 3D material jetting e collegato con una struttura di appoggio attraverso uno strato di separazione,

dove corpo verde, strato di separazione e struttura di appoggio contengono particelle,

5 dove la dimensione mediana delle particelle nello strato di separazione sta nell'ambito fra il 200% fino al 10.000% della dimensione mediana delle particelle di materiale nella struttura di appoggio, e/o dove la dimensione mediana delle particelle nello strato di separazione sta nell'ambito fra il 200% fino al 10.000% della dimensione mediana delle particelle di materiale nel corpo verde,

10 dove il coefficiente di dilatazione termica del materiale delle particelle nello strato di separazione differisce dal coefficiente di dilatazione termica del materiale delle particelle nella struttura di appoggio e/o dal coefficiente di dilatazione termica del materiale delle particelle nel corpo verde di meno del 5%, rispettivamente,

15 dove il volume occupato nel corpo verde da aria, acqua e sostanze organiche rimane nell'ambito dal 5% fino al 25% in volume.

Il corpo verde si comporta quindi in modo tale che venga diminuito il pericolo della formazione di difetti e crepe durante l'essiccazione e/o il processo di sinterizzazione. Durante i processi termici, gli elementi costruttivi in ceramica tipicamente si contraggono, e il processo è denominato diminuzione. In prima approssimazione, il volume della diminuzione
20 dipende dal tipo di ceramica, dalla dimensione delle particelle del materiale grezzo e dalla temperatura di sinterizzazione. Per evitare che il materiale di appoggio (struttura di appoggio) venga sinterizzato con il materiale costruttivo (corpo verde), tra l'appoggio e l'elemento costruttivo viene applicato uno strato di separazione.

25 Alla base del brevetto sta il concetto di fabbricare una struttura di appoggio, ad esempio usando lo stesso materiale oppure almeno un materiale molto simile all'elemento costruttivo stesso (ad esempio Al_2O_3 con una granulometria mediana di $1\mu\text{m}$). In questo modo potrebbe



sinterizzare e allo stesso tempo diminuire, cosicché si può utilizzare una struttura di appoggio che supporta il corpo verde durante la stampa 3D anche come base durante la sinterizzazione.

Preferibilmente, la diminuzione di sinterizzazione lineare della struttura di appoggio si differenzia di meno del 20% dalla diminuzione di sinterizzazione lineare del corpo verde, in
5 maniera molto preferita di meno del 10%. La diminuzione di sinterizzazione può, ad esempio, essere determinata mediante un calibro a corsoio.

Per evitare una sinterizzazione (ad esempio a 1600°C) del corpo verde con la struttura di appoggio, tra l'elemento costruttivo e la struttura di appoggio si applica preferibilmente uno strato di materiale a grana grossa (ad esempio con granulometria di 40µm). Perciò, alla
10 temperatura di sinterizzazione il materiale dello strato di separazione non sarebbe soggetto alla sinterizzazione in una struttura fissa, e dopo la sinterizzazione l'elemento costruttivo può essere staccato dalla struttura di appoggio.

Nella presente invenzione il termine "spessore dello strato" denomina lo spessore degli strati applicati l'uno sopra l'altro mediante la procedura di material jetting, per ottenere il corpo
15 verde.

Lo spessore dello strato dei singoli strati stampati della struttura di appoggio sta preferibilmente nell'ambito da 1 fino a 50µm, in modo molto preferito nell'ambito da 2 fino a 30µm, in modo molto particolarmente preferito nell'ambito da 5 fino a 20µm. In alternativa, lo spessore dello strato può anche stare nell'ambito da 2 fino a 300µm, in modo molto
20 preferito nell'ambito da 100 fino a 250µm, in modo molto particolarmente preferito da 150 fino a 200µm. Si può misurare lo spessore dello strato, ad esempio mediante un microscopio ottico. Per la misurazione si possono ad esempio usare 10 punti di misura lungo uno strato determinato, calcolando poi il valore medio.

La porosità rappresenta la relazione tra il volume delle cavità e il volume totale. La porosità
25 può essere determinata in conformità a DIN EN 993-1. La porosità della struttura di appoggio, rilevata dopo la sinterizzazione sta preferibilmente nell'ambito da 0 fino a 15% in volume, in



modo particolarmente preferito nell'ambito da 0 fino a 5% in volume. La porosità della struttura di appoggio, rilevata dopo la sinterizzazione o anche prima della sinterizzazione, differisce preferibilmente di meno del 5% dalla porosità del corpo verde.

5 Il volume occupato nel corpo verde e/o nella struttura di appoggio da aria, acqua e sostanze organiche (ad esempio solventi o leganti) rimane preferibilmente nell'ambito da 7% fino a 20% in volume, particolarmente preferito nell'ambito da 10% fino a 15% in volume. La sinterizzazione fa sì che acqua e anche le sostanze organiche vengano ampiamente eliminate. Inoltre, la sinterizzazione provoca una certa riduzione. Perciò la porosità dell'oggetto sinterizzato che ne risulta rimane preferibilmente nell'ambito preferito menzionato.

10 Lo strato di separazione presenta preferibilmente uno spessore nell'ambito da 10 fino a 1000µm, molto particolarmente preferito nell'ambito da 20 fino a 200µm.

Il materiale delle particelle nella struttura di appoggio è preferibilmente metallico o ceramico. Il materiale ceramico può essere selezionato da ossidi di metallo, nitruri di metallo, carburi di metallo e/o miscele di tali materiali.

15 Il materiale delle particelle nel corpo verde è preferibilmente metallico o ceramico. Il materiale ceramico può essere selezionato da ossidi di metallo, nitruri di metallo, carburi di metallo, carbonio e/o miscele di tali materiali. Ad esempio, nel libro tecnico "Technische keramische Werkstoffe" (Editore: J. Kriegesmann, capitolo 4.3.6.0) il carbonio è descritto come materiale ceramico (ceramica comprendente carbonio).

20 Il materiale delle particelle nello strato di separazione è preferibilmente metallico o ceramico. Il materiale ceramico può essere selezionato da ossidi di metallo, nitruri di metallo, carburi di metallo e/o miscele di tali materiali. In modo particolarmente preferito il materiale delle particelle nello strato di separazione non è un carbonato, nello specifico nessun carbonato di ferro, poiché ciò può provocare contaminazioni e/o scolorimenti della ceramica o del metallo.



Essenzialmente, la composizione chimica del materiale delle particelle nella struttura di appoggio e nel corpo verde è preferibilmente identica; in particolare il materiale presenta la stessa temperatura di sinterizzazione.

5 Il materiale delle particelle nella struttura di appoggio, nel corpo verde e nello strato di separazione è preferibilmente identico. In questo modo si verificano meno difetti, quali ad es. crepe o deformazioni dovute all'espansione termica differente dei materiali.

Se si desidera costruire una struttura di appoggio che nei processi termici diminuisce nella stessa misura come la ceramica vera e propria, la via più semplice sarebbe l'utilizzo dello stesso materiale sia per la struttura di appoggio, sia per il pezzo sinterizzato. Per questo
10 motivo, il materiale delle particelle nella struttura di appoggio e nel corpo verde è identico.

La mediana della dimensione delle particelle nel corpo verde sta preferibilmente nell'ambito da 0,01 fino a 15 μ m, in modo particolarmente preferito nell'ambito da 0,05 fino a 6 μ m, in modo molto particolarmente preferito nell'ambito tra 0,1 fino a 3 μ m. La mediana della dimensione delle particelle nella struttura di appoggio sta preferibilmente nell'ambito da 0,01
15 fino a 15 μ m, in modo particolarmente preferito nell'ambito da 0,05 fino a 6 μ m, in modo molto particolarmente preferito nell'ambito da 0,1 fino a 3 μ m. Preferibilmente, la deviazione della mediana della dimensione delle particelle nel corpo verde dalla mediana della dimensione delle particelle nella struttura di appoggio sta nell'ambito da 0 fino a 5%.

La mediana della dimensione delle particelle nello strato di separazione sta preferibilmente
20 nell'ambito da 2 fino a 100 μ m, molto particolarmente preferito nell'ambito da 6 fino a 50 μ m. Preferibilmente, il contenuto di particelle nello strato di separazione con un diametro di meno di 6 μ m sta nell'ambito da 0 fino a 5% relativamente a tutte le particelle nello strato di separazione.

Le particelle nello strato di separazione presentano preferibilmente una sfericità elevata
25 rispetto alle particelle nella struttura di appoggio. Ciò offre il vantaggio che, durante la sinterizzazione successiva, le particelle nello strato di separazione vengono sinterizzate meno



facilmente. La mediana della sfericità delle particelle nello strato di separazione sta preferibilmente nell'ambito da 0,6 fino a 1. La mediana della sfericità delle particelle nella struttura di appoggio sta preferibilmente nell'ambito da 0 fino a 0,5.

La sfericità può essere determinata, ad esempio, mediante un'analisi dinamica dell'immagine in conformità a ISO 13322, dove i valori ottenuti rappresentano la media ponderata sul volume per il rispettivo campione della miscela di particelle interessata. La sfericità di una particella descrive il rapporto tra la superficie di un'immagine di particelle e il perimetro. Una particella sferica avrebbe quindi una sfericità vicina a 1, mentre un'immagine di particelle irregolare e seghettata avrebbe una rotondità vicina allo zero.

10 In un'ulteriore forma di realizzazione, l'obiettivo alla base dell'invenzione viene raggiunto mediante una procedura per la fabbricazione del corpo verde inventivo, caratterizzata dal fatto che vengono eseguite le seguenti fasi:

15 a. fabbricazione di almeno una sospensione principale, una sospensione per la struttura di appoggio e una sospensione per lo strato di separazione di particelle in un solvente, dove la mediana della dimensione delle particelle nella sospensione per lo strato di separazione sta nell'ambito dal 200% fino al 10.000% della mediana della dimensione delle particelle di materiale nella sospensione per la struttura di appoggio, e/o dove la mediana della dimensione delle particelle nella sospensione per lo strato di separazione sta nell'ambito dal 200% fino al 10.000% della mediana della dimensione delle particelle di materiale nella sospensione principale,

20 b. stampa almeno della sospensione principale e della sospensione per la struttura di appoggio con almeno una testina di stampa su un substrato per ottenere un primo strato del corpo verde e della struttura di appoggio,

25 c. ripetizione della fase b. fino al completamento della stampa della struttura di appoggio e del corpo verde, dove in tutte le posizioni dove si incontrano la struttura di



appoggio e il corpo verde vengono stampati uno o più strati della sospensione per lo strato di separazione, per ottenere uno strato di separazione,

- 5 dove il coefficiente di dilatazione termica del materiale delle particelle nella sospensione per lo strato di separazione differisce dal coefficiente di dilatazione termica del materiale delle particelle nella sospensione per la struttura di appoggio e/o dal coefficiente di dilatazione termica del materiale delle particelle nella sospensione principale di meno del 5%, rispettivamente.

- 10 La struttura di appoggio può essere stampata da una sospensione per la struttura di appoggio che si distingue dalla sospensione principale. Preferibilmente, a tal fine si utilizza un'ulteriore testina di stampa. La sospensione per la struttura di appoggio può anche essere identica alla sospensione principale. In tale caso, come sospensione per la struttura di appoggio si impiega poi la sospensione principale che viene preferibilmente stampata con una sola testina di stampa.

- 15 La sospensione principale e/o la sospensione per la struttura di appoggio possono anche contenere ulteriori componenti, quali ad es. legante, additivo di umidificazione, oppure agente antischiuma. La sospensione per lo strato di separazione può anche contenere ulteriori componenti, quali ad es. legante, additivo di umidificazione, oppure anche agente antischiuma.

- 20 La mediana della dimensione delle particelle nella sospensione principale e/o nella sospensione per la struttura di appoggio sta preferibilmente nell'ambito da 0,01 fino a 6µm, in modo molto particolarmente preferito nell'ambito da 0,1 fino a 3µm.

- 25 La mediana della dimensione delle particelle nella sospensione per lo strato di separazione sta preferibilmente nell'ambito da 2 fino a 100µm, in modo molto particolarmente preferito nell'ambito da 6 fino a 50µm.



Preferibilmente, il contenuto di particelle con un diametro di meno di $6\mu\text{m}$ nella sospensione per lo strato di separazione sta nell'ambito dallo 0 fino al 5%, relativamente a tutte le particelle nella sospensione per lo strato di separazione.

5 Le particelle nella sospensione per lo strato di separazione presentano preferibilmente una sfericità elevata rispetto alle particelle nella sospensione principale e/o nella sospensione per la struttura di appoggio. Ciò offre il vantaggio che, durante la sinterizzazione successiva, le particelle nello strato di separazione vengono sinterizzate meno facilmente. La mediana della sfericità delle particelle nello strato di separazione sta preferibilmente nell'ambito da 0,6 fino a 1. La mediana della sfericità delle particelle nella sospensione principale e/o nella
10 sospensione per la struttura di appoggio sta preferibilmente nell'ambito da 0 fino a 0,5.

Il contenuto di legante nella sospensione principale e/o nella sospensione per la struttura di appoggio sta preferibilmente nell'ambito da 0,1 fino a 5% in peso. Il contenuto di legante nella sospensione per lo strato di separazione sta preferibilmente nell'ambito da 0,4 fino a 5% in peso. Preferibilmente, il contenuto di legante nella sospensione per lo strato di separazione
15 è almeno 10%, in modo particolarmente preferito almeno 50% al di sopra del contenuto di legante nella sospensione principale e/o nella sospensione per la struttura di appoggio. Ciò offre il vantaggio che, a causa dell'elevato contenuto di legante, le particelle sinterizzano meno facilmente tra di loro. In alternativa, il contenuto di legante nella sospensione per lo strato di separazione è preferibilmente almeno 10%, in modo particolarmente preferito
20 almeno 50% al di sotto del contenuto di legante nella sospensione principale e/o nella sospensione per la struttura di appoggio. Ciò offre il vantaggio che nello strato di separazione non si potrebbe nemmeno formare una struttura fissa.

Preferibilmente, con la procedura inventiva, per la stampa dello strato di separazione con la sospensione per lo strato di separazione si utilizza una testina di stampa che si distingue dalla
25 testina per la stampa della sospensione principale e/o della sospensione per la struttura di appoggio. In particolare, la testina per la stampa della sospensione per lo strato di separazione, diversamente dalla testina per la stampa della sospensione principale e/o della



sospensione per la struttura di appoggio è idonea per la stampa di sospensioni con particelle che presentano una dimensione di particella di più di 5 μ m. In alternativa, per la stampa della sospensione principale e/o della sospensione per la struttura di appoggio e della sospensione per lo strato di separazione si può tuttavia usare la stessa testina di stampa. Tale testina sarà
5 poi preferibilmente idonea per la stampa di sospensioni con particelle che presentano una dimensione di particella di più di 5 μ m.

Preferibilmente, per ottenere lo strato di separazione, nella fase c si stampano da 1 fino a 50 strati, in modo preferito da 1 fino a 10 strati oppure da 5 fino a 50 strati con la sospensione per lo strato di separazione. Lo spessore di strato dei singoli strati stampati nello strato di
10 separazione sta preferibilmente nell'ambito da 2 fino a 200 μ m, in modo molto particolarmente preferito nell'ambito da 5 fino a 20 μ m oppure nell'ambito da 50 fino a 180 μ m.

Il solvente è preferibilmente acqua.

Il contenuto d'acqua nella sospensione principale e/o nella sospensione per la struttura di
15 appoggio sta preferibilmente nell'ambito dal 10% fino al 40% in peso. Il contenuto d'acqua nella sospensione per lo strato di separazione sta preferibilmente nell'ambito dal 10% fino al 40% in peso.

Il contenuto di particelle nella sospensione principale e/o nella sospensione per la struttura di appoggio sta preferibilmente nell'ambito dal 60% fino al 90% in peso. Il contenuto di
20 particelle nella sospensione per lo strato di separazione sta preferibilmente nell'ambito dal 60% fino al 90% in peso.

Il contenuto di additivo di umidificazione nella sospensione principale e/o nella sospensione per la struttura di appoggio sta preferibilmente nell'ambito dallo 0,1% fino al 2% in peso, in modo particolarmente preferito da 0,1 fino a 1. Il contenuto di additivo di umidificazione
25 nella sospensione per lo strato di separazione sta preferibilmente nell'ambito dallo 0,05% fino allo 0,5% in peso (fino all'1%). Preferibilmente, il contenuto di additivo di umidificazione



nella sospensione principale e/o nella sospensione per la struttura di appoggio è almeno di 50%, in modo particolarmente preferito almeno di 100% al di sopra del contenuto di additivo di umidificazione nella sospensione per lo strato di separazione.

5 Il contenuto di agente antischiuma nella sospensione principale e/o nella sospensione per la struttura di appoggio sta preferibilmente nell'ambito dallo 0,01% fino allo 0,2% in peso. Il contenuto di agente antischiuma nella sospensione per lo strato di separazione sta preferibilmente nell'ambito dallo 0,01% fino allo 0,2% in peso.

10 In un'ulteriore forma di realizzazione l'obiettivo che è alla base dell'invenzione viene raggiunto mediante un pezzo sinterizzato, fabbricato attraverso la sinterizzazione del corpo verde inventivo, caratterizzato dal fatto che la porosità sta nell'ambito dallo 0 fino al 15% in volume.

Grazie allo strato di separazione, il pezzo sinterizzato è facilmente staccabile dalla struttura di appoggio. Ad esempio, la struttura di appoggio viene sinterizzata insieme al corpo verde. Preferibilmente, a causa della sinterizzazione si può verificare il caso che il materiale dello strato di separazione venga sinterizzato in modo tale che il corpo verde e la struttura di appoggio possono essere facilmente separati l'uno dall'altra.

15 Preferibilmente, la porosità della struttura di appoggio sinterizzata differisce meno del 5% dalla porosità del pezzo sinterizzato.

20 Il pezzo sinterizzato può presentare tutte le caratteristiche del suddetto corpo verde, finché un esperto del settore non lo considererebbe anomalo. Diversamente dal corpo verde, nel pezzo sinterizzato, ad esempio, non si potranno più trovare agenti antischiuma. Dall'altro canto, i materiali delle particelle e le dimensioni delle particelle potrebbero, ad esempio, eventualmente ancora concordare.

25 In un'ulteriore forma di realizzazione, l'obiettivo alla base dell'invenzione viene raggiunto mediante una procedura per la fabbricazione del pezzo sinterizzato inventivo, caratterizzata dal fatto che viene sinterizzato un corpo verde secondo l'invenzione.



In un'ulteriore forma di realizzazione, l'obiettivo alla base dell'invenzione viene raggiunto mediante l'uso di una composizione liquida, contenente particelle ceramiche o metalliche, per la fabbricazione di uno strato di separazione tra un corpo verde e una struttura di appoggio. La composizione può essere ad esempio la sospensione per lo strato di separazione di cui sopra, anche con le sue forme di realizzazione preferite.

Esempio di realizzazione

In termini concreti, è stata fabbricata una sospensione principale contenente, a parte Al_2O_3 con granulometria mediana di $0,7\mu\text{m}$ (CT3000 SG di Almatiss), un additivo di umidificazione (Dolapix CE 64 di Zschimmer&Schwarz), un legante temporaneo (Optapix AC95 di Zschimmer&Schwarz) e un agente antischiuma (Contraspum KWE di Zschimmer&Schwarz). Acqua è stata usata come mezzo di dispersione. La composizione di una tale sospensione principale è elencata nella seguente tabella.

#	Tipo di materiale grezzo	Nome	Produttore	Contenuto in g
1	Al_2O_3	CT3000 SG	Almatiss	100,0
2	additivo di umidificazione	Dolapix CE64	Zschimmer&Schwarz	0,6
3	legante temporaneo	Optapix AC95	Zschimmer&Schwarz	0,6
4	agente antischiuma	Contraspum KWE	Zschimmer&Schwarz	0,04
5	acqua deionizzata			25,0
	somma			126,24



Tale sospensione principale è stata utilizzata per la fabbricazione di un corpo verde e di una struttura di appoggio di un elemento costruttivo mediante material jetting. Per la testina di stampa è stata usata una testina di stampa speciale della ditta Durst Phototechnik AG, dettagliatamente descritta in WO2013013983A1. Tale testina di stampa è molto robusta nei confronti di sospensioni abrasive, come ad esempio smalti ceramici e barbotina. Con questa testina di stampa si possono anche stampare sospensioni con particelle con un diametro di più di 45µm. Per la stampa si possono anche usare sospensioni a base di acqua con una percentuale molto bassa di solventi organici.

La struttura di appoggio è stata realizzata usando la stessa soluzione principale e la stessa testina di stampa.

Per evitare una sinterizzazione dell'elemento costruttivo con la struttura di appoggio, è stata fabbricata una sospensione per lo strato di separazione, usando un materiale delle particelle chimicamente identico, tuttavia con una granulometria nettamente più grossa ("strato di separazione"). Allo scopo risultava idoneo un corindone fuso della dimensione F600 con una granulometria media di circa 9µm. Da tale materiale è quindi stata fabbricata una sospensione per lo strato di separazione la cui composizione è elencata nella seguente tabella:

#	Tipo di materiale grezzo	Nome	Produttore	Contenuto in g
1	Al ₂ O ₃	F600	Wester	100,0
2	additivo di umidificazione	Dolapix CE64	Zschimmer&Schwarz	0,2
3	legante temporaneo	Optapix AC95	Zschimmer&Schwarz	0,6
4	agente antischiuma	Contraspum KWE	Zschimmer&Schwarz	0,04
5	acqua deionizzata			22,0

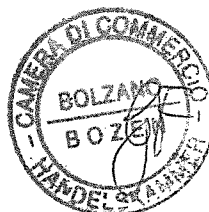


	somma			122,84

Questa sospensione per lo strato di separazione è stata stampata con una seconda testina di stampa che era collegata con un secondo sistema di alimentazione di inchiostro.

Dopo la sinterizzazione a 1600°C e un tempo di attesa di 2 ore il corpo verde era sinterizzato in un pezzo ceramico, come anche la struttura di appoggio. Il materiale nettamente più grosso tra il pezzo ora sinterizzato e la struttura di appoggio non era sinterizzato, ma aveva invece formato uno strato di separazione, cosicché il pezzo sinterizzato poteva essere staccato dalla struttura di appoggio.

La generazione della struttura di appoggio e del corpo verde e dello strato di separazione è stata assistita da un apposito software. In particolare, la stampa dello strato di separazione tra il corpo verde e la struttura di appoggio è stata controllata dal software della stampante 3D.



A handwritten signature in black ink, consisting of a stylized 'J' followed by a long horizontal stroke.

R i v e n d i c a z i o n i

1. Corpo verde, fabbricato in strati usando la procedura "material jetting" per la stampa 3D e collegato con una struttura di appoggio mediante uno strato di separazione,

5 dove corpo verde, strato di separazione e struttura di appoggio contengono particelle,

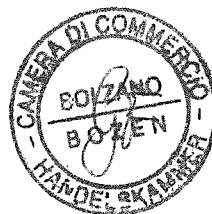
dove la mediana della dimensione delle particelle nello strato di separazione sta nell'ambito dal 200% fino al 10.000% della mediana della dimensione delle particelle di materiale nella struttura di appoggio, e/o dove la mediana della
10 dimensione delle particelle nello strato di separazione sta nell'ambito dal 200% fino al 10.000% della mediana della dimensione delle particelle di materiale nel corpo verde,

dove il coefficiente di dilatazione termica del materiale delle particelle nello strato di separazione differisce dal coefficiente di dilatazione termica del materiale delle
15 particelle nella struttura di appoggio e/o dal coefficiente di dilatazione termica del materiale delle particelle nel corpo verde di meno del 5%, rispettivamente,

dove il volume occupato nel corpo verde da aria, acqua e sostanze organiche rimane nell'ambito dal 5% fino al 25% in volume.

2. Corpo verde secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che la mediana
20 della dimensione delle particelle nello strato di separazione sta nell'ambito da 2 fino a 100µm.

3. Corpo verde secondo la rivendicazione 1 o 2, caratterizzato dal fatto che la diminuzione lineare di sinterizzazione della struttura di appoggio si differenzia di meno del 20% dalla diminuzione di sinterizzazione lineare del corpo verde.



A handwritten signature, possibly "g", written in black ink.

4. Corpo verde secondo una delle precedenti rivendicazioni, caratterizzato dal fatto che lo strato di separazione presenta uno spessore nell'ambito da 10 fino a 1000 μ m.
5. Procedura per la fabbricazione del corpo verde secondo una delle rivendicazioni 1 a 4, caratterizzata dal fatto che vengono eseguite le seguenti fasi:
- 10 a. fabbricazione di almeno una sospensione principale, una sospensione per la struttura di appoggio e una sospensione per lo strato di separazione di particelle in un solvente, dove la mediana della dimensione delle particelle nella sospensione per lo strato di separazione sta nell'ambito dal 200% fino al 10.000% della mediana della dimensione delle particelle di materiale nella sospensione per la struttura di appoggio, e/o dove la mediana della dimensione delle particelle nella sospensione per lo strato di separazione sta nell'ambito dal 200% fino al 10.000% della mediana della dimensione delle particelle di materiale nella sospensione principale,
- 15 b. stampa almeno della sospensione principale e della sospensione per la struttura di appoggio con almeno una testina di stampa su un substrato per ottenere un primo strato del corpo verde e della struttura di appoggio,
- 20 c. ripetizione della fase b. fino al completamento della stampa della struttura di appoggio e del corpo verde, dove in tutte le posizioni dove si incontrano il corpo verde e la struttura di appoggio vengono stampati uno o più strati della sospensione per lo strato di separazione, per ottenere uno strato di separazione, dove il coefficiente di dilatazione termica del materiale delle particelle nella sospensione per lo strato di separazione differisce di meno del 5% dal coefficiente di dilatazione termica del materiale delle particelle nella
- 25 sospensione per la struttura di appoggio e/o dal coefficiente di dilatazione



termica del materiale delle particelle nella sospensione principale,
rispettivamente.

- 5
6. Procedura secondo la rivendicazione 5, caratterizzata dal fatto che la sospensione principale e la sospensione per lo strato di separazione contengono un additivo di umidificazione e che il contenuto di additivo di umidificazione nella sospensione principale supera di almeno 50% il contenuto di additivo di umidificazione nella sospensione per lo strato di separazione.
- 10
7. Procedura secondo la rivendicazione 5 o 6, caratterizzata dal fatto che nella fase c si stampano da 1 fino a 50 strati, in modo preferito da 1 fino a 10 strati oppure da 5 fino a 50 strati, con la sospensione per lo strato di separazione, per ottenere lo strato di separazione.
- 15
8. Pezzo sinterizzato, fabbricato mediante sinterizzazione del corpo verde secondo una delle rivendicazioni 1 a 4, caratterizzato dal fatto che la porosità sta nell'ambito tra lo 0 fino al 15% in volume.
- 20
9. Procedura per la fabbricazione del pezzo sinterizzato secondo la rivendicazione 8, caratterizzata dal fatto che viene sinterizzato un corpo verde secondo una delle rivendicazioni 1 a 4.
10. Uso di una composizione liquida, contenente particelle ceramiche o metalliche per la fabbricazione di uno strato di separazione tra un corpo verde e una struttura di appoggio.

